

⑫ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑪ DE 3206059 C2

⑤ Int. Cl. 3:
H05K 7/20
H 01 L 23/46

⑳ Aktenzeichen: P 32 06 059.9-34
㉑ Anmeldetag: 19. 2. 82
㉒ Offenlegungstag: 8. 9. 83
㉓ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 29. 11. 84

DE 3206059 C2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑬ Patentinhaber:

Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München, DE

⑭ Erfinder:

Koch, Christian, Dr., 8520 Erlangen, DE; Mages, Gert,
Dr., 8551 Hemhofen, DE; Opitz, Heinrich,
Dipl.-Chem., 8520 Erlangen, DE; Thieme, Bodo, 8520
Buckenhof, DE

⑮ Im Prüfungsverfahren entgegengehaltene
Druckschriften nach § 44 PatG:

DE-AS 15 14 551
DE-GM 18 12 308
US 36 56 540

① Kühleinrichtung für elektrische Bauelemente

DE 3206059 C2

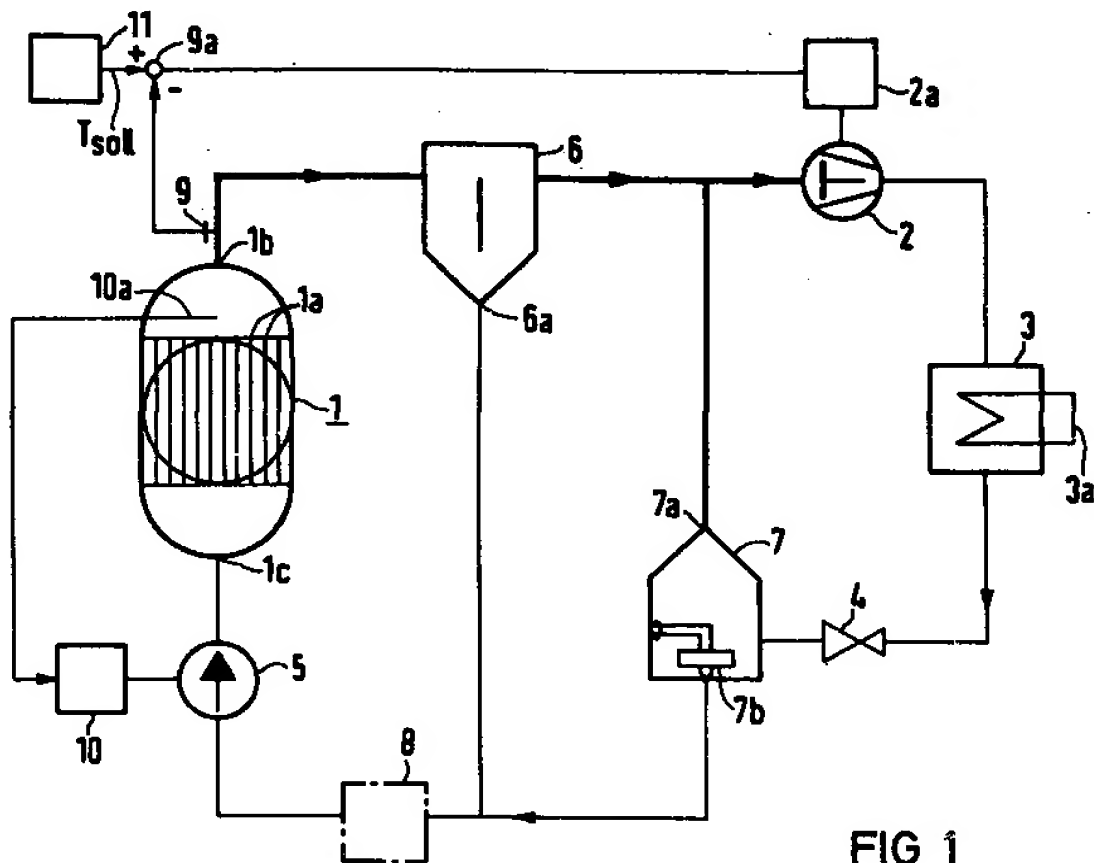


FIG 1

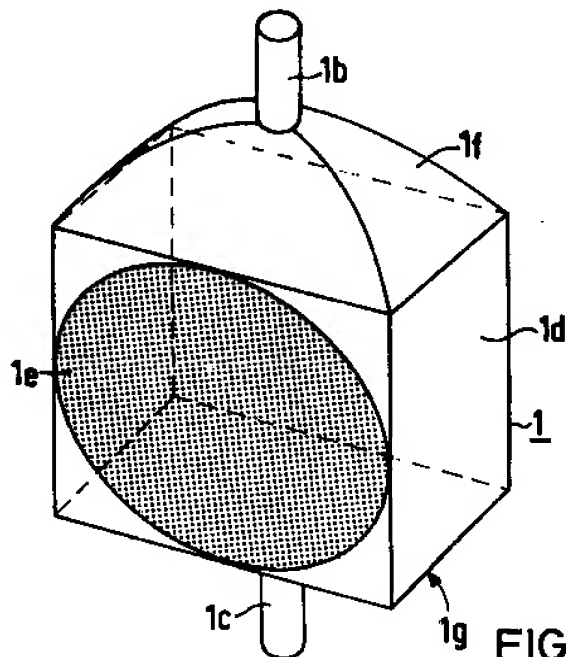


FIG 2

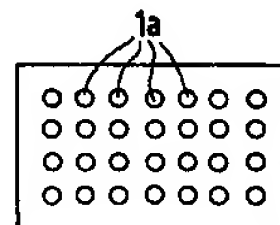


FIG 3

Patentansprüche:

1. Kühleinrichtung für hochbelastete elektrische Bauelemente, die in wärmeleitendem Kontakt mit einem Kühlkörper stehen, der mindestens einen, von einem siedenden Kühlmittel eines Kühlkreislaufes durchströmten Kühlkanal aufweist, wobei der Kühlkreislauf die Reihenschaltung eines Kompressors, der von dem im Kühlkörper verdampften Kühlmittel gespeist wird, eines Kondensators und eines Drosselventils enthält, mit einer Einrichtung, die die Menge des durch den Kühlkörper strömenden Kühlmittels regelt, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehzahl des Kompressors (2) in Abhängigkeit von der Dampfaustrittstemperatur des Kühlkörpers (1) geregelt wird, daß das verflüssigte Kühlmittel über eine Umwälzpumpe (5) dem Kühlkörper (1) zugeführt wird, daß mindestens ein Fühler (10a) zum Messen des Flüssigkeits-Dampf-Verhältnisses im Kühlkörper (1) vorgesehen ist und daß die Drehzahl der Umwälzpumpe (5) in Abhängigkeit vom gemessenen Flüssigkeits-Dampf-Verhältnis geregelt wird.

2. Kühleinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Kühlmittel-Austrittsstutzen (1b) des Kühlkörpers (1) und dem Kompressor (2) ein Flüssigkeitsabscheider (6) eingefügt ist, dessen Flüssigkeits-Auslaß (6a) mit der Eintrittsseite der Umwälzpumpe (5) verbunden ist.

3. Kühleinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Drosselventil (4) und Umwälzpumpe (5) ein Dampfabscheider (7) eingefügt ist, dessen Dampf-Auslaß (7a) mit dem Eintrittsstutzen des Kompressors (2) verbunden ist.

4. Kühleinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Kühlkörper (1) aus zwei durch eine Sammelkammer (1k) verbundenen Teilschnitten (1b, 1i) besteht und daß der Fühler (10a) in der Sammelkammer (1k) angeordnet ist.

5. Kühleinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Dampfabscheider (7) ein Schwimmerventil (7) enthält, das den Flüssigkeitsaustritt des Dampfabscheiders nur bei ausreichendem Flüssigkeitsstand im Verdampfer freigibt und daß der Umwälzpumpe (5) ein Kühlmittel-speicher (8) vorgeschaltet ist.

6. Kühleinrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Sollwerte für die Dampfaustrittstemperatur des Kühlkörpers in Abhängigkeit von der elektrischen Belastung des elektrischen Bauelements eingestellt werden.

Die Erfindung betrifft eine Kühleinrichtung für hochbelastete elektrische Bauelemente, die in wärmeleitendem Kontakt mit einem Kühlkörper stehen, der mindestens einen von einem siedenden Kühlmittel eines Kühlkreislaufes durchströmten Kühlkanal aufweist, wobei der Kühlkreislauf die Reihenschaltung eines Kompressors, der von dem im Kühlkörper verdampften Kühlmittel gespeist wird, eines Kondensators und eines Drosselventils enthält, mit einer Einrichtung, die die Menge des durch den Kühlkörper strömenden Kühlmittels regelt.

Durch die Steigerung der Leistung elektrischer Bauteile bei gleichem oder kleinerem Bauvolumen wird die

Wärmestromdichte bei der Kühlung dieser Bauelemente größer. Ein Hochleistungsthyristor mit einer elektrischen Verlustleistung von ca. 1,5 kW besitzt z. B. seitliche Auflageflächen für die Kühlkörper mit einem Durchmesser von ca. 95 mm. Daraus ergibt sich eine mittlere Wärmestromdichte von ca. 13 W/cm². Ein derart hochbelasteter Thyristor benötigt eine Oberflächentemperatur auf den seitlichen Auflageflächen von ca. 60°C, da die Temperaturabfälle von dem Ort der Verlustwärmeentstehung bis zur seitlichen Auflagefläche so groß sind, daß nur diese Oberflächentemperatur die langbeigige Funktion des Thyristors sicherstellt. Wenn man beispielsweise einen derartigen Thyristor mit Wasser kühlt, so muß die Kühlwassertemperatur wegen des Temperaturgefälles zwischen Thyristoroberfläche und Kühlkörper sowie zwischen Kühlkörper und Kühlwasser noch deutlich unter diesen 60° liegen. Zur Rückkühlung des Kühlwassers ist also wegen der geringen Temperaturdifferenz zur Umgebungstemperatur ein erheblicher Aufwand an Wärmetauschern u. dgl. nötig. Bei noch größerer Wärmestromdichte bzw. hoher Umgebungstemperatur gelangt man schließlich an eine Grenze, wo die Rückkühlung des Kühlwassers durch Luft auf Umgebungstemperatur überhaupt nicht mehr möglich ist.

Ein ähnliches Problem ergibt sich bei Bauelementen, deren Oberflächentemperaturen unter der maximalen Umgebungstemperatur liegen müssen. Dies ist z. B. bei manchen Rechnerbausteinen der Fall.

Aus der DE-OS 28 37 353 ist eine Anordnung angegeben, bei der das zu kühlende elektrische Bauelement mit Kühldosen versehen ist. Diese Kühldosen werden von einem Kühlmittel, dessen Siedepunkt etwas unter der Kühlkörpertemperatur liegt, durchströmt. Das Kühlmittel verdampft in der Kühldose teilweise. Das teils gasförmige, teils flüssige Kühlmittel wird einem Wärmetauscher zugeführt, wo ein Teil der Wärme durch Zwangsbelüftung mittels eines Lüfters an die Umgebung abgeführt wird, solange die Kühlmitteltemperatur über der Umgebungstemperatur liegt. Nach der Beschreibung tritt jedoch noch keine vollständige Verflüssigung des Kühlmittels ein. Das Kühlmittel durchströmt anschließend den Verdampfer einer Kälteanlage, wo es vollständig verflüssigt wird. Dabei wird das Kühlmittel auf eine Temperatur abgekühlt, die mehr oder weniger unter ihrem Siedepunkt liegt. Über eine Umwälzpumpe wird dann das Kühlmittel wieder zur Kühldose zurückbefördert. Die zugeordnete Kälteanlage besteht aus einem Kreislauf mit dem auch vom Kühlmittel durchflossenen Verdampfer, einem Kompressor, einem Verflüssiger, einem Sammler sowie einem Drosselventil. Dieser Kreislauf wird von einem Kühlmittel durchströmt, das im Verdampfer verdampft und dabei dem Kühlmittel des Kühlkreislaufs Wärme entzieht. Mit dem Kompressor wird das dampfförmige Kühlmittel komprimiert, wobei es im nachgeschalteten Verflüssiger auf einem höheren Temperaturniveau Wärme abgibt und dabei wieder verflüssigt wird. Über den Sammler und das Drosselventil wird das verflüssigte Kühlmittel wieder dem Verdampfer zugeführt.

Bei dieser bekannten Kühleinrichtung wird also ein Teil der Verlustwärme über einen Wärmetauscher und ein weiterer Teil der Verlustwärme über einen Kältekreislauf abgeführt. Je höher die Umgebungstemperatur ist, umso geringer ist die Temperaturdifferenz mit der der Wärmetauscher arbeitet, so daß er nur einen geringen Teil der Verlustwärme abführen kann. Wenn die Kühlmitteltemperatur sogar unter der Umgebungs-

temperatur liegt, kann der Wärmetauscher überhaupt keine Verlustwärme mehr abführen. Der weitaus größte Teil der Verlustwärme wird dann nur durch Kondensation im Verdampfer des Kältekreislaufs abgeführt, so daß dieser nahezu auf die volle Verlustleistung ausgelegt werden muß. Hinzu kommt, daß im Verdampfer zwischen Kühlmittelkreislauf und Kältekreislauf eine Temperaturdifferenz auftritt, so daß das Kältemittel im Kältekreislauf unter die gewünschte Temperatur des Kühlmittels gebracht werden muß. Dazu ist eine erhöhte elektrische Leistung für den Kompressor erforderlich. Da die bekannte Anlage zwei getrennte Kreisläufe, nämlich einen Kühlmittelkreislauf und einen Kältemittelkreislauf aufweist, ist sie auch sehr aufwendig.

Aus der DE-AS 15 14 551 ist eine Einrichtung der eingangs genannten Art bekannt. Da bei dieser Einrichtung das Kühlmittel allerdings völlig verdampft wird, entspricht die Kühlkörpertemperatur nicht überall der Siedetemperatur des Kühlmittels. Aus der US-PS 36 56 540 ist es bekannt, eine Kühlmittelpumpe bei der Kühlung von hoch belasteten Bauelementen einzusetzen. Ferner ist es aus dieser Druckschrift bekannt, die Kühlmittelzufuhr in Abhängigkeit von der elektrischen Belastung des Bauelementes zu regeln.

Aus dem DE-GM 18 12 308 ist ferner eine konventionelle reine Flüssigkeitskühlung bekannt, wobei zwar der Kühlkörper gleichmäßig benutzt wird, jedoch ausdrücklich ein beständiges Sieden des Kühlmittels vermieden sein soll.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Kühleinrichtung der eingangs genannten Art zu schaffen, die bei schwankendem Verlustwärmeeinfall der zu kühlenden elektrischen Bauelemente einen verringerten Leistungsbedarf aufweist und die eine bessere Anpassung an den Kühlleistungsbedarf der Bauelemente ermöglicht.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Drehzahl des Kompressors in Abhängigkeit von der Dampfaustrittstemperatur des Kühlkörpers geregelt wird, daß das verflüssigte Kühlmittel über eine Umwälzpumpe dem Kühlkörper zugeführt wird, daß mindestens ein Fühler zum Messen des Flüssigkeits-Dampf-Verhältnisses im Kühlkörper vorgesehen ist und daß die Drehzahl der Umwälzpumpe in Abhängigkeit vom gemessenen Flüssigkeits-Dampf-Verhältnis geregelt wird.

Zwischen dem Kühlmittel-Austrittsstutzen des Kühlkörpers und dem Kompressor ist zweckmäßigerweise ein Flüssigkeitsabscheider eingefügt, dessen Flüssigkeits-Auslaß mit der Eintrittsstelle der Umwälzpumpe verbunden ist. Damit wird verhindert, daß Flüssigkeit in den Kompressor gelangt. Die abgeschiedene Flüssigkeit wird wieder dem Kreislauf zugeführt.

Zweckmäßigerweise ist zwischen Drosselventil und Umwälzpumpe ein Dampfabscheider eingefügt, dessen Dampfauslaß mit dem Eintrittsstutzen des Kompressors verbunden ist. Damit wird der nach dem Drosselventil im Kühlmittel noch enthaltene Dampf wieder direkt dem Kompressor zugeführt, so daß der Kühlkörper nur flüssiges Kühlmittel erhält.

Der Kühlkörper kann aus zwei durch eine Sammelkammer verbundenen Teilabschnitten bestehen, wobei in dieser Sammelkammer ein Fühler angeordnet ist, der den Flüssigkeitsanteil des Kühlmittels in der Sammelkammer mißt und die Drehzahl der Umwälzpumpe so steuert, daß ein bestimmter Flüssigkeitsanteil in der Sammelkammer erreicht wird. Damit kann die Kühlmittelumwälzung so gesteuert werden, daß sich der Verdampfungsprozeß über den gesamten Bereich des Kühlkörpers verteilt. Außerdem kann mit einem derartigen

Fühler der Kühlmitteldurchsatz so gesteuert werden, daß aus dem Kühlkörper nur Dampf austritt. Der Kühlkörper-Austritt kann dann ohne Zwischenschaltung eines Flüssigkeitsabscheiders direkt an den Kompressor-Eintrittsstutzen angeschlossen werden. Der Flüssigkeitsanteil des Kühlmittels kann beispielsweise nach dem bekannten Prinzip der Wärmeableitung gemessen werden.

Der Dampfabscheider kann ein Schwimmerventil enthalten, das den Flüssigkeits-Austritt des Dampfabscheiders nur bei ausreichendem Flüssigkeitsstand im Verdampfer freigibt, wobei der Umwälzpumpe ein Kühlmittelspeicher vorgeschaltet ist. Dabei wird der Kühlkreislauf solange unterbrochen, bis der Kondensator wieder genügend flüssiges Kühlmittel erzeugt hat. In der Zwischenzeit wird die notwendige Kühlmittelmenge dem der Umwälzpumpe vorgeschalteten Kühlmittelspeicher entnommen.

Eine äußerst gute Anpassung der erforderlichen Kompressorleistung erreicht man, wenn Sollwerte für die Dampfaustrittstemperatur des Kühlkörpers in Abhängigkeit von der elektrischen Belastung des elektrischen Bauelements eingestellt werden. Bei höherer Belastung des elektrischen Bauelements, das damit auch eine höhere Verlustleistung an den Kühlkörper abgibt, tritt nämlich ein größerer Temperaturunterschied zwischen Kühlmittel und Bauelement-Oberfläche auf. Um diese größere Temperaturdifferenz zu kompensieren, muß die Kühlmitteltemperatur bei höherer Belastung des elektrischen Bauelements verringert werden. Wenn man diese Abhängigkeit nicht berücksichtigt, so muß man die Kühlmitteltemperatur von vornherein auf die höchstmögliche Verlustleistung auslegen. Wenn man jedoch die Dampfaustrittstemperatur an die elektrische Belastung des elektrischen Bauelements anpaßt, so kann man im unteren Lastbereich den Kompressor mit niedriger Leistung, d. h. energiesparend, betreiben.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachfolgend anhand der Fig. 1 bis 4 näher erläutert.

Der Kältekreislauf nach Fig. 1 enthält einen Kühlkörper 1, an dem das zu kühlende elektrische Bauteil, beispielsweise ein Thyristor anliegt. Der Kühlkörper 1 weist einen Kühlmittel-Eintrittsstutzen 1c und einen Kühlmittel-Austrittsstutzen 1b auf. Im Inneren des Kühlkörpers 1 liegen Kühlkanäle, die vom Kühlmittel durchströmt werden. Der Kühlmittel-Austrittsstutzen 1b ist über einen Flüssigkeitsabscheider 6 mit dem Eintrittsstutzen eines Kompressors 2 verbunden. Dem Kompressor 2 ist ein Kondensator 3 mit einem nur schematisch dargestellten Rückkühlkreislauf 3a nachgeschaltet. Die Austrittsöffnung des Kondensators 3 ist über die Reihenschaltung eines Drosselventils 4, eines Dampfabscheiders 7 und einer Umwälzpumpe 5 mit dem Kühlmittel-Eintrittsstutzen 1c des Kühlkörpers 1 verbunden. Zwischen Dampfabscheider 7 und Umwälzpumpe 5 ist ggf. ein gestrichelt eingezeichneter Kühlmittelspeicher 8 eingefügt. Der Flüssigkeits-Auslaß 6a des Flüssigkeitsabscheiders 6 ist mit dem Eintrittsstutzen der Umwälzpumpe 5 oder mit dem Kühlmittelspeicher 8 und der Dampfauslaß 7 des Dampfabscheiders 7 ist mit dem Eintrittsstutzen des Kompressors 2 verbunden.

Der Kältemittelkreislauf ist mit einem Kühlmittel gefüllt, dessen Siedepunkt bei dem im Kühlkörper 1 herrschenden Druck etwas unter der Kühlkörpertemperatur liegt. Durch entsprechende Wahl der Verdichtung des Kompressors 2, des Drosselquerschnitts des Drosselventils 4 sowie der Durchflußleistung der Umwälz-

pumpe 5 werden die Druckverhältnisse im Kältekreislauf so eingestellt, daß der Kühlkörper 1 mit flüssigem, siedenden Kühlmittel gefüllt ist. Damit kann man den Kühlkörper 1 auf beliebige Temperatur, die auch unter der Umgebungstemperatur liegen kann, bringen und somit eine sehr hohe Wärmestromdichte erreichen. Durch die Wärmeaufnahme des Kühlmittels aus dem Kühlkörper 1 verdampft dieses, wobei mit dem Flüssigkeitsabscheider 6 nach dem Austrittsstutzen 1b noch vorhandene Flüssigkeitsanteile abgeschieden werden. Der mit dem Kompressor 2 verdichtete Dampf kann seine Wärme auf einem höheren Temperaturniveau an einen Rückkühlkreislauf 3a abgeben. Da das Temperaturniveau nach dem Kompressor 2 mit dessen Verdichtung nahezu beliebig wählbar ist, kann die Wärme auf einem nutzbaren Temperaturniveau abgegeben und beispielsweise zur Raumheizung verwendet werden.

Der Dampf kondensiert im Kondensator 3 und wird durch das Drosselventil 4 entspannt. Die geringen Anteile der dabei verdampfenden Flüssigkeit werden im Dampfabscheider 7 abgeschieden und wieder dem Kompressor 2 zugeführt. Das flüssige Kühlmittel wird mit der Umwälzpumpe 5 wieder in den Kühlkörper 1 zurückbefördert.

Um sicherzustellen, daß von der Umwälzpumpe 5 nur flüssiges Kühlmittel angesaugt wird, kann der Dampfabscheider ein beweglich gelagertes Schwimmerventil 7b enthalten, das den Flüssigkeitsaustritt des Dampfabscheiders 7 nur freigibt, wenn im Dampfabscheider 7 ein ausreichender Flüssigkeitsstand vorhanden ist. Um eine Unterbrechung der Kühlmittelversorgung des Kühlkörpers 1 zu verhindern, ist es zweckmäßig, in diesem Fall der Umwälzpumpe 5 einen Kühlmittelspeicher 8 mit ausreichendem Speichervolumen vorzuschalten.

Die dargestellte Kühleinrichtung hat den Vorteil, daß die Kühlmitteltemperatur im Kühlkörper und die Kühlmitteltemperatur bei der Wärmeabgabe an den Rückkühlkreislauf unabhängig voneinander gewählt werden können. Durch niedrige Temperatur des Kühlmittels im Kühlkörper 1, die sogar unter der Umgebungstemperatur liegen kann, wird eine sehr große Wärmestromdichte erreicht. Durch hohes Temperaturniveau bei der Wärmeabgabe an den Rückkühlkreislauf kann man die Verlustwärme als Nutzwärme, beispielsweise zur Raumheizung verwenden. Es werden hohe Temperaturdifferenzen beim Wärmeübergang möglich, so daß man im Kondensator 3 mit einer geringen Wärmetauscherfläche auskommt.

Als Kühlmittel kann beispielsweise das im Handel erhältliche CCl_2F verwendet werden. Der Kältekreislauf kann dann beispielsweise wie folgt ausgelegt werden: Zur Ableitung von 1,8 kW Verlustwärme des elektrischen Bauelements werden ca. 40 kg/h Kühlmittel bei einem Druck von 1 bar (Atmosphärendruck) durch den Kühlkörper 1 gepumpt. Im Kühlkörper verdampfen 89% dieses Kühlmittels, wobei sich im Kühlkörper eine Temperatur von 24°C einstellt. Die Geschwindigkeit des Kühlmittelstroms im Kühlkörper 1 steigt dabei wegen der Volumenzunahme von 0,7 m/s am Eingang durch die Teilverdampfung auf ca. 1 m/s am Ausgang des Kühlkörpers 1 an. In dem anschließenden Flüssigkeitsabscheider 6 üblicher Bauart wird der noch vorhandene Flüssigkeitsanteil von 11% aus dem Kühlmittel abgeschieden und in den Flüssigkeitsstrom zurückgeleitet.

Im Kompressor 2 wird der Dampf von 1 bar auf 5 bar verdichtet, wobei sich eine Überhitzungstemperatur von ca. 110°C einstellt. Der Kompressor 2 benötigt eine

Antriebsleistung von 0,6 kW je Kühlkörper.

Der Dampf kondensiert im Kondensator an den Wärmetauscherrohren bei 75°C und gibt dort ca. 2,3 kW je Kühlkörper ab. Diese Wärmeleistung kann beispielsweise im Winter an den Heizwasserkreislauf einer Raumheizung und im Sommer an einen Rückkühlkreislauf abgegeben werden.

Die durch Kondensation des Dampfes gewonnene Flüssigkeit wird über das Drosselventil 4 auf 1 bar entspannt, wobei ca. 80% des Kühlmittels in flüssiger Form bei 24°C vorliegen.

Die Fig. 2 und 3 zeigen schematisch ein Ausführungsbeispiel für einen Kühlkörper 1, wie er im beschriebenen Kühlkreislauf eingesetzt werden könnte. Der Kühlkörper 1 besteht im wesentlichen aus einem Block 1d, der einseitig oder beidseitig Auflageflächen 1e für ein scheibenförmiges elektrisches Bauteil, beispielsweise einen Thyristor aufweist. Der Block 1d weist, wie in der Draufsicht nach Fig. 3 deutlich sichtbar, Bohrungen 1a als Kühlkanäle auf. In Richtung der Kühlkanäle 1a schließen sich an den Block 1d beidseitig Sammelkammern 1f bzw. 1g an, die mit einem Eintrittsstutzen 1b bzw. 1c versehen sind.

Wenn man die Leistung des Kompressors 2 und der Umwälzpumpe 5 fest einstellt, muß diese Leistung auf die maximal zu erwartende Verlustleistung des elektrischen Bauelements ausgelegt sein. Dies führt jedoch dazu, daß bei geringerer Verlustwärme nicht mehr das gesamte von der Umwälzpumpe 5 zugeführte Kühlmittel verdampft und daß der Kompressor unnötig viel Leistung aufnimmt. Insbesondere bei größeren Anlagen mit schwankendem Verlustwärmeeinfall ist es daher zweckmäßig, die Drehzahl der Umwälzpumpe 5 und des Kompressors 2 zu regeln.

Dabei wird die Drehzahl des Kompressors 2 zweckmäßigerweise in Abhängigkeit von der Dampfaustrittstemperatur am Kühlkörper 1 geregelt. Die Dampfaustrittstemperatur wird mit einem Temperaturfühler 9 im Bereich des Austrittsstutzens 1b des Kühlkörpers 1 erfaßt und mit einer Vergleicherstufe 9a mit einem Temperatursollwert T_{sof} verglichen. Wenn die Dampfaustrittstemperatur über ihrem Sollwert liegt, so muß die Kälteleistung, d. h. also die Drehzahl des Kompressors 2 erhöht werden. Die Soll-Istwert-Abweichung wird daher einer Drehzahlregelung 2a für den Kompressor 2 zugeführt. Damit wird die Kompressorleistung an den jeweiligen Kühleleistungsbedarf angepaßt.

Wenn die Verlustleistungsabgabe des elektrischen Bauteils abnimmt, so wird wegen der geringeren Wärmestromdichte auch die Differenz zwischen der Oberflächentemperatur des elektrischen Bauelementes und der Temperatur des Kühlmittels kleiner. Bei geringerer Verlustleistungsabgabe kann daher die Kühlmitteltemperatur erhöht werden, wobei die Oberflächentemperatur des elektrischen Bauelements gleich bleibt. Eine weiter verfeinerte Anpassung der Kompressorleistung an den Kühleleistungsbedarf wird daher erreicht, wenn man den Temperatur-Sollwert T_{sof} für das Kühlmittel abhängig von der Verlustleistung des elektrischen Bauelements macht. Da diese Verlustleistung nicht direkt meßbar ist, wird sie mit einem in Fig. 1 symbolisch dargestellten Fühler 11 z. B. aus der Stromaufnahme des elektrischen Bauelements oder aus Ansteuerdaten ermittelt. Der jeweils günstigste Weg ist abhängig von der Art des verwendeten elektrischen Bauteils sowie von den ohne größeren Aufwand zur Verfügung stehenden Meßdaten. Mit der Regelung der Kompressordrehzahl wird also die Kompressorleistung an den Kühleleistungsbe-

darf angepaßt, d. h. der Leistungsbedarf der Anlage optimiert.

Um den Wärmeübergang auf das Kühlmittel zu optimieren, muß die Strömungsgeschwindigkeit des Kühlmittels im Kühlkörper 1 so eingestellt werden, daß das Kühlmittel einerseits möglichst vollständig verdampft, daß sich aber der Verdampfungsprozeß andererseits über die volle Kühlkörperlänge erstreckt. Diese Anpassung erfolgt unter Regelung der Drehzahl der Umwälzpumpe 5. Dabei kann z. B. in der oberen Sammelkammer des Kühlkörpers 1 mit einem Fühler 10a der Dampfanteil des Kühlmittels erfaßt werden. In Abhängigkeit von dem gemessenen Dampfanteil wird dann über eine Regeleinrichtung 10 die Drehzahl der Umwälzpumpe 5 so eingestellt, daß der Dampfanteil nahezu 100% ausmacht. Der Fühler 10a kann beispielsweise nach dem Wärmeableit-Prinzip arbeiten, da die Wärmeableitung eines aufgeheizten Fühlers umso größer wird, je höher der Flüssigkeitsanteil in dem zu messenden Medium ist.

Wenn man die beschriebene Regeleinrichtung so einstellt, daß der Dampfanteil in der oberen Sammelkammer des Kühlkörpers 1 bei 100% liegt, so besteht die Gefahr, daß die Strömungsgeschwindigkeit so weit reduziert wird, daß praktisch das ganze Kühlmittel schon im unteren Bereich des Kühlkörpers 1 verdampft wird. Um dies zu verhindern, muß die beschriebene Anordnung so eingestellt werden, daß im Bereich des Fühlers 10a stets ein gewisser Flüssigkeitsanteil erhalten bleibt. Dies kann man vermeiden, wenn man den Dampfanteil nicht am oberen Ende des Kühlkörpers 1, sondern in einem Zwischenbereich mißt. Dies setzt allerdings eine abgewandelte Konstruktion des Kühlkörpers 1 voraus, wie sie in Fig. 4 in Schnittdarstellung gezeigt ist. Im Unterschied zum Kühlkörper nach Fig. 2 ist der Kühlkörper nach Fig. 4 aus zwei durch eine Sammelkammer 1k verbundenen Teilabschnitten 1h, 1i aufgebaut. Der Fühler 10a wird dann in der Sammelkammer 1k angeordnet. Die Drehzahl der Umwälzpumpe 5 wird dann so geregelt, daß im Bereich der Sammelkammer 1k noch ein bestimmter Flüssigkeitsanteil vorhanden ist. Dieser Flüssigkeitsanteil kann jedoch so gewählt werden, daß er im zweiten Teilabschnitt 1i mit Sicherheit vollständig verdampft. In diesem Fall kann der Flüssigkeitsabscheider 6 nach dem Kühlkörper 1 entfallen. Die Sammelkammer 1k hat außerdem den Vorteil, daß die Strömungsverhältnisse im oberen Teilabschnitt 1i verbessert werden.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

50

55

60

65

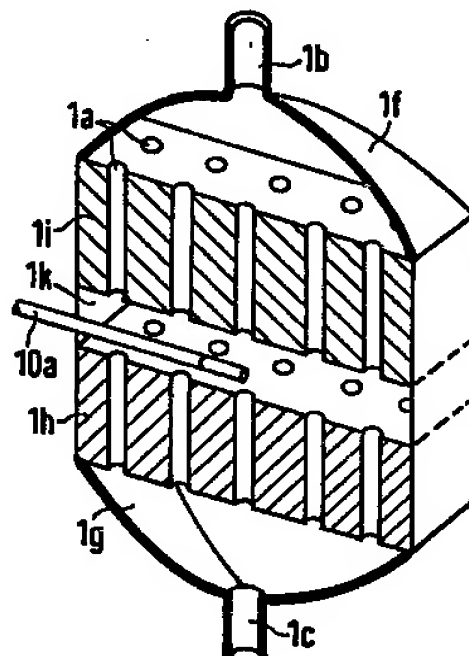


FIG 4